

08.06.00 #3

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

JP00/03117

REC'D 27 JUL 2000

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 5月18日

EU

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第136639号

出 願 人

Applicant (s):

シャープ株式会社

PRIORITY DOCUMENT

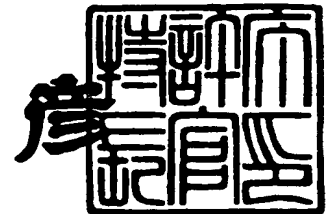
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2000年 6月29日



特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3053977

【書類名】 特許願

【整理番号】 99-01288

【提出日】 平成11年 5月18日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 11/00

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

 【氏名】 今村 公彦

【特許出願人】

 【識別番号】 000005049

 【氏名又は名称】 シャープ株式会社

 【電話番号】 06-6621-1221

【代理人】

 【識別番号】 100103296

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 小池 隆彌

 【電話番号】 06-6621-1221

 【連絡先】 電話 0 4 3 - 2 9 9 - 8 4 6 6 知的財産権本部 東京
知的財産権部

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 012313

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9703283

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 OFDM受信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 データシンボルに先立ってスタートシンボルが付加された OFDM 信号を受信して復調する OFDM 受信装置において、

前記スタートシンボル中の任意の一部に相当する参照信号を N 種類（N は 2 以上の自然数）保持するメモリ手段と、

前記 OFDM 信号と前記 N 種類の参照信号との相互相関値を計算する相互相関手段と、

前記相互相関手段により得られた N 個の相互相関値のピーク位置を検出するピーク位置検出手段と、

前記 N 個のピーク位置における相互相関値から、周波数オフセット値を推定する周波数オフセット推定手段とを備え、

前記周波数オフセット推定手段にて推定された周波数オフセット値に基づいて、OFDM 信号の周波数オフセットを補償することを特徴とする OFDM 受信装置。

【請求項 2】 前記請求項 1 に記載の OFDM 受信装置において、

前記周波数オフセット推定手段は、前記 N 個のピーク位置における各相互相関値間の位相差を計算する位相回転角計算手段と、

前記各参照信号の組に対して、ある特定の周波数オフセットが存在する状態における相互相関値の位相回転角に基づいた参照データを記憶する記憶手段と、

前記位相回転角計算手段にて求められた相互相関値間の位相差を、前記参照データで除算する除算手段とを有することを特徴とする OFDM 受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 直交周波数分割多重) 信号を受信する OFDM 受信装置に関し、より詳細には、サブキャリアの周波数オフセットを補償することが可能な OFDM 受信装置に関するも

のである。

【0002】

【従来の技術】

近年、地上系デジタルテレビ放送や高速無線LANに用いられる伝送方式として、大容量のデータ伝送が可能なOFDM方式が注目されている。OFDM方式は、入力されるシンボル列を並列化した後、互いに直交関係にある複数のサブキャリア（副搬送波）を用いて、情報信号を伝送するマルチキャリア伝送方式の一種である。

【0003】

すなわち、OFDM信号は、変調器により互いに直交する周波数関係にある複数のサブキャリアに、直列並列変換された符号化データを割り当て、それぞれを逆フーリエ変換（周波数領域を時間領域に変換）することによってデジタル変調波に変換した後、並列直列変換を行うことで生成される。尚、復調器側では、上記変調器側の処理と逆の処理を行うことによって、元の符号化データを再生することができる。

【0004】

OFDM変調されたOFDM信号は、図9（b）に示すようなスペクトルを有しており、図9（a）に示すようなスペクトルを有する単一搬送波による変調（シングルキャリア変調）方式と比較して、伝送路の周波数特性の変動に対しサブキャリアの帯域幅が小さい場合、伝送路の周波数特性による周波数選択性フェージングが信号品質に与える影響を小さくすることができるという特徴の他に、周波数利用効率が良いという利点も有する。

【0005】

一方、OFDM方式は、伝送信号の周波数帯域が移動するドップラー現象が発生したり、受信装置の同調器が不安定化した場合、送信周波数と受信周波数との同期化が行われなくなり、図10に示すように、周波数オフセット（本来のサブキャリア周波数からの周波数ずれ）が発生する。このような周波数オフセットは、受信信号の位相を変化させて、システムの復号能力を低下させる。

【0006】

多重搬送波を用いる OFDM 方式では、周波数オフセットが発生する場合、各サブキャリア間の周波数直交性が崩れてしまい、この状態で OFDM 信号をフーリエ変換器に入力した場合、フーリエ変換器出力に隣接サブキャリアの信号が相互変調成分として現れ、元の符号化データを正しく再生するのを阻害し、再生データの品質が劣化するという問題が存在する。

【 0 0 0 7 】

特に、OFDM のサブキャリア数が増加するほど、各サブキャリアが決まった帯域内に稠密に分布して、小さい周波数オフセット値にも、隣接サブキャリア間の干渉が激しく発生する。従って、周波数オフセットの補償は、実際システムの具現時に考慮すべき最大の課題の一つとなっている。

【 0 0 0 8 】

従来より、このような周波数オフセットの検出・補償の技術に関して、例えば、鬼沢武，溝口匡人，熊谷智明，高梨斉，守倉正博“高速無線 LAN 用 OFDM 変調方式の同期系に関する検討” 信学技報，TECHNICAL REPORT OF IEICE, DSP97-165, SAT97-122, RCS97-210 (1998-01)，p137-142 などにも見られるように、様々な提案がなされている。

【 0 0 0 9 】

従来技術の一例を、変調方式として DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying) を用いるとともに、受信側では遅延検波を行うものについて、図 1 1 乃至図 1 7 とともに、以下説明する。まず、OFDM 送信装置の構成について、図 1 1 を参照して説明する。尚、図 1 1 中において、太線は複素数信号（同相検波軸信号と直交検波軸信号とからなる信号）を、細線は実数信号をそれぞれ示している。

【 0 0 1 0 】

従来の OFDM 送信装置は、図 1 1 に示すように、入力情報信号に対して直列並列変換を行う直列並列変換器 1 と、各サブキャリア毎の情報信号に対して QPSK 等の変調を行う符号化変調器 2 と、符号化変調器 2 の出力信号を逆離散フーリエ変換する逆離散フーリエ変換器 3 と、逆離散フーリエ変換器 3 の出力信号を直列信号に変換する並列直列変換器 4 と、並列直列変換器 4 の出力信号の先頭に

ガード区間を付加してデータシンボルを生成するガード区間付加回路 5 とを備えている。

【 0 0 1 1 】

また、パケットの先頭に付加される既知のシンボルを構成するプリアンプル、スタートシンボルを保持するメモリ 6 と、プリアンプル、スタートシンボル、及びデータシンボルを切替用クロックに応じて切り替え出力する切替器 7 と、切替器 7 の出力における実成分、虚成分を 1 つの信号成分として出力するデジタル直交変調器 8 と、デジタル直交変調器 8 の出力をアナログデータに変換する D/A 変換器 9 と、D/A 変換器 9 からのアナログデータを周波数変換し、OFDM 信号を送信する周波数変換器 1 0 とを備えている。

【 0 0 1 2 】

上記構成の OFDM 送信装置による OFDM 信号の信号フォーマットは、図 1 2 に示すように、パケットの先頭に付加されたプリアンプル、スタートシンボルからなる既知のシンボルと、逆離散フーリエ変換後のデータにガード区間を付加したデータシンボルとから構成されている。

【 0 0 1 3 】

尚、データシンボルは、逆離散フーリエ変換器 3 の出力（有効シンボル区間）の後半部分の信号を、有効シンボル区間の前（ガード区間）に複写して付加することによって生成されている。このガード区間の付加により、ガード区間長 T_{gi} 以下の時間遅れで到達する遅延波に対して耐性を持たせることが可能となっている。

【 0 0 1 4 】

また、既知のシンボルのプリアンプルは、AGC のゲイン調整、シンボル同期などに用いられる信号である。さらに、スタートシンボルは、変調方式として差動符号化を行う場合に、その初期位相を決定するためのものであり、全サブキャリアを含む信号であり、スタートシンボル長は、データシンボルからガード区間を取り除いた有効シンボル区間長 T_w と等しいものである。

【 0 0 1 5 】

すなわち、周波数間隔 $d f$ の N 本のサブキャリアを用いる場合には、スタート

シンボル長 $T_w (= 1 / df)$ 中で、信号振幅を N 回サンプリングする必要がある。

【0016】

次に、従来の OFDM 受信装置の構成について、図 13 を参照して説明する。尚、図 13 中において、太線は複素数信号を、細線は実数信号をそれぞれ示している。

【0017】

従来の OFDM 受信装置は、図 13 に示すように、受信信号を所定の帯域に周波数変換する周波数変換器 11 と、周波数変換器 11 の出力を A/D 変換する A/D 変換器 12 と、A/D 変換器 12 の出力を実成分、虚成分に分離するデジタル直交検波器 13 と、周波数オフセットの補償を行うとともに、シンボルタイミングの推定を行う周波数オフセット補償器 14 と、周波数オフセット推定器 14 からのシンボル位置推定値に基づいて、シンボルクロックを発生するシンボルクロック発生器 15 とを備えている。

【0018】

また、シンボルクロック発生器 15 にて発生されたシンボルクロックに基づいて得られるガード区間除去用クロックに従って、デジタル直交検波器 13 の出力から、ガード区間を取り除くガード区間除去回路 16 と、ガード区間除去回路 16 の出力を直列並列変換する直列並列変換器 17 と、直列並列変換器 17 の出力を離散フーリエ変換する離散フーリエ変換器 (FFT) 18 と、離散フーリエ変換器 18 の出力を復調する符号判定回路 19 と、符号判定回路 19 の出力を並列直列変換する並列直列変換器 20 とを備えている。

【0019】

尚、上記構成において、デジタル直交検波器 13 は、図 14 に示すように、一定周波数を発振する局部発振器 21 と、局部発振器 21 の出力信号の位相を $\pi/2$ ずらす $\pi/2$ 位相シフター 22 と、A/D 変換器 12 の出力と局部発振器 21 の出力との乗算を行う乗算器 23, 24 と、乗算器 23, 24 の各々の出力から所望の複素数信号を取り出すフィルター 25, 26 とを備えている。

【0020】

また、周波数オフセット補償器 1 4 は、図 1 5 に示すように、デジタル直交検波器 1 3 の出力信号を有効シンボル区間長 T_w 遅延する遅延器 3 1 と、遅延器 3 1 の出力とデジタル直交検波器 1 3 からの受信信号との相関値を計算する相互相関器 3 2 と、デジタル直交検波器 1 3 からの受信信号の自己相関値を計算する自己相関器 3 3 とを備えている。

【0 0 2 1】

また、相互相関器 3 2 の出力を自己相関器 3 3 の出力で除算することにより、受信信号レベルに拘わらず、自己相関値のピーク位置を検出するピーク検出器 3 4 と、ピーク検出器 3 4 の出力（自己相関値のピーク位置）から、シンボル位置の推定値を出力するシンボル同期位置推定器 3 5 とを備えている。

【0 0 2 2】

さらに、相互相関器 3 2 の出力とピーク検出器 3 4 の出力（自己相関値のピーク位置）とから、相互相関値の回転角を推定し、周波数オフセットの推定値を出力する回転角推定器 3 6 と、回転角推定器 3 6 からの周波数オフセットの推定値に基づいて、デジタル直交検波器 1 3 からの受信信号の位相を回転させることにより、周波数オフセットを補償した信号を出力する位相回転回路 3 7 とを備えている。

【0 0 2 3】

尚、上述の相関器 3 2、3 3 は、図 1 6 に示すように、遅延線 4 1、タップ 4 2、及び加算器 4 3 から構成されており、第 2 の入力信号から得られるタップ数を用いて、第 1 の入力信号を積分することにより、相関値計算を行うものである。

【0 0 2 4】

すなわち、相互相関器 3 2 は、第 1 の入力信号としてデジタル直交検波器 1 3 からの受信信号を、第 2 の入力信号としてデジタル直交検波器 1 3 からの受信信号を T_w 遅延させた信号をそれぞれ入力し、タップ数 M にわたって積分することにより、相互相関値を得ることができる。

【0 0 2 5】

一方、自己相関器 3 3 は、第 1 及び第 2 の入力信号としてデジタル直交検波器

13からの受信信号を入力し、タップ数Mにわたって積分することにより、自己相関値を得ることができる。ここで、タップ数MはFFT18のポイント数(FFT回路構成に応じて決まるサブキャリアの数の最大値)と等しい値を用いる。

【0026】

次に、周波数オフセット補償器14の動作について、図17とともに説明する。ピーク検出器34にて、相互相関器32の出力を自己相関器33の出力で除算することにより、相互相関値のピーク位置を求め、このピーク検出器34の検出結果に基づき、シンボル同期位置推定器35よりシンボル同期位置クロックを発生する。

【0027】

このとき、図17に示すように、相関値は複素数で計算されるため、相互相関値のピーク位置から、相互相関値の実軸に対する回転角 $\Delta\theta$ を推定することが可能となる。この回転角 $\Delta\theta$ より、周波数オフセット値 Δf を、次式により推定することができる。

【0028】

$$\Delta f = \Delta\theta / (2\pi Tw)$$

この周波数オフセット値 Δf に基づいて、位相回転回路37にてデジタル直交検波器13からの受信信号の周波数オフセットを補償することが可能となる。ここで、相互相関値の実軸に対する回転角 $\Delta\theta$ は、 $-\pi$ から π の間の値をとるので、 $-1/(2Tw)$ から $1/(2Tw)$ の範囲の周波数オフセットを補償することが可能である。

【0029】

尚、上述した従来例においては、位相回転回路37を用いて受信信号の周波数オフセットを補償するものについて説明したが、位相回転回路37を用いることなく、回転角 $\Delta\theta$ より求められた周波数オフセット値 Δf を、デジタル直交検波器13中の局部発振器21に入力し、発振周波数を可変制御することにより、受信信号の周波数オフセットを補償することもできる。

【0030】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上述した従来技術のように、受信信号の遅延信号を参照信号として用いた遅延自己相関方式によって、周波数オフセットの検出・補償を行う場合、サブキャリアの周波数間隔で正規化を行った正規化周波数オフセットにおいて、 -0.5 から $+0.5$ の範囲の周波数オフセットしか検出・補償することができないという問題があった。

【0031】

本発明は、上述したような点に鑑みてなされたものであり、周波数オフセット補償範囲を拡大することが可能なOFDM受信装置を提供することを目的とする。

【0032】

【課題を解決するための手段】

本発明に係るOFDM受信装置は、データシンボルに先立ってスタートシンボルが付加されたOFDM信号を受信して復調するOFDM受信装置において、前記スタートシンボル中の任意の一部に相当する参照信号をN種類（Nは2以上の自然数）保持するメモリ手段と、前記OFDM信号と前記N種類の参照信号との相互相関値を計算する相互相関手段と、前記相互相関手段により得られたN個の相互相関値のピーク位置を検出するピーク位置検出手段と、前記N個のピーク位置における相互相関値から、周波数オフセット値を推定する周波数オフセット推定手段とを備え、前記周波数オフセット推定手段にて推定された周波数オフセット値に基づいて、OFDM信号の周波数オフセットを補償するものである。

【0033】

また、前記周波数オフセット推定手段として、前記N個のピーク位置における各相互相関値間の位相差を計算する位相回転角計算手段と、前記各参照信号の組に対して、ある特定の周波数オフセットが存在する状態における相互相関値の位相回転角に基づいた参照データを記憶する記憶手段と、前記位相回転角計算手段にて求められた相互相関値間の位相差を、前記参照データで除算する除算手段とを設けたものである。

【0034】

【発明の実施の形態】

以下、本発明のOFDM受信装置の第1実施形態を、図1乃至図6とともに説明するが、上記従来例と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。本実施形態のOFDM受信装置は、図13とともに上述した従来例における周波数オフセット補償器14を改良したものであって、周波数オフセット補償器14の他は同様の構成である。

【0035】

本実施形態のOFDM受信装置における周波数オフセット補償器の構成について、図1を参照して説明する。尚、図1中において、太線は複素数信号を、細線は実数信号をそれぞれ示している。

【0036】

図1において、51はスタートシンボル中におけるN種類の任意部分（本実施形態では、 $N=2$ ）に相当する信号を、各々参照信号として保持しているメモリ、52、53はデジタル直交検波器13の出力信号と、メモリ51に保持された2つの参照信号との間で相互相関値を計算する相互相関器、54は相互相関器52、53の各出力におけるピーク位置を検出するピーク検出器、55はピーク検出器54で検出された各ピーク位置における相互相関値より、位相回転角を計算して、周波数オフセット値を推定する周波数オフセット推定回路である。

【0037】

尚、上記構成において、周波数オフセット推定回路55は、相互相関器52、53、ピーク検出器54で検出されたピーク位置の各相互相関値より、位相差を求める位相回転角計算回路56と、2つの参照信号の組に対応した参照データ $2\pi TE$ を保持する記憶部57と、位相回転角計算回路56の出力を、記憶部57に保持された参照データ $2\pi TE$ で除算する除算器58とを備えている。

【0038】

ここで、予め特定の周波数オフセット Δf_{ref} が存在する状態において、相互相関値算出に用いる2つの参照信号の組に対し、相互相関値の位相回転角 $\Delta \theta_{ref}$ を算出することによって、参照信号波形及び参照信号位置に基づく値である、位相回転角の等価的な推定位置の時間差（参照信号の等価的な時間差） TE を、次式により求めることができる。

【0039】

$$T E = \Delta \theta_{\text{ref}} / (2 \pi \Delta f_{\text{ref}})$$

次に、上記構成の周波数オフセット補償器の動作について、図2とともに説明する。スタートシンボル中の一部分に相当する2つの参照信号は、図2に示すように、それぞれ幅 $w i d t h_{\text{ref}}$ を有しており、 $s h i f t_{\text{ref}}$ だけタイミングがずれているものとする。

【0040】

すなわち、第1の参照信号は、スタートシンボルの先頭から計算して、 $N g i + N w - (s h i f t_{\text{ref}} + w i d t h_{\text{ref}}) / 2$ から $N g i + N w - (s h i f t_{\text{ref}} - w i d t h_{\text{ref}}) / 2$ で表される区間のスタートシンボル、第2の参照信号は、スタートシンボルの先頭から計算して、 $N g i + N w - (-s h i f t_{\text{ref}} + w i d t h_{\text{ref}}) / 2$ から $N g i + N w - (-s h i f t_{\text{ref}} - w i d t h_{\text{ref}}) / 2$ で表される区間のスタートシンボルである。但し、 $N g i$ 、 $N w$ は、時間 $T g i$ 、 $T w$ 中に含まれるサンプル数とする。

【0041】

そして、デジタル直交検波器13からの受信信号と、上記の2つの参照信号との相互相関値を計算し、各相互相関値から受信信号の位相回転角 $\Delta \theta$ を求める。この位相回転角 $\Delta \theta$ を記憶部57に保持された $2 \pi T E$ で除算することにより、周波数オフセット推定値 $\Delta f = \Delta \theta / (2 \pi T E)$ を推定することができる。

【0042】

この周波数オフセット推定値 Δf に基づき、位相回転回路37にてデジタル直交検波器13からの受信信号の周波数オフセットを補償することが可能となる。ここで、2つの参照信号を用いた場合には、位相回転角の等価的な推定時間差 $T E$ により、周波数オフセット値 Δf の推定範囲が異なり、図3に示すように、正規化周波数オフセットの推定範囲を、 $-T w / (2 T E)$ から $+T w / (2 T E)$ の間とすることができる。

【0043】

すなわち、 $T E < T w$ とすると、本実施形態のOFDM受信装置においては、上述した従来例に比べて、周波数オフセット補償範囲を拡大することが可能とな

ることが理解される。

【0044】

尚、図3においては、サンプリングクロック同期、シンボルタイミング同期が完全であり、有効シンボル区間長 T_w に含まれるサンプル数 N_w (FETのポイント数) が64、サブキャリア数 N が48とした場合についての、正規化周波数オフセット(横軸)対ビット誤り率特性 (BER: Bit Error Rate) (縦軸)を示している。

【0045】

また、参照信号の幅(サンプル数) $width_{ref}$ を16とし、 TE/T_w を0.25, 1.5(参照信号のずれ(サンプル数) $shift_{ref}$ を16, 96)とした場合について、2つの参照信号の組がスタートシンボル中で占める位置を、図4に示している。

【0046】

ところで、位相回転角の誤差 $n\theta$ によって、周波数オフセット推定値は、 $\Delta f + n_f = (\Delta\theta + n\theta) / (2\pi TE)$ となり、周波数オフセット推定誤差 n_f が生じる。すなわち、 TE 値が小さい場合には、位相回転角の誤差 $n\theta$ による影響(周波数オフセット推定値 Δf に対する周波数オフセット推定誤差 n_f) が大きくなり、エラーフロアが発生することとなる。

【0047】

従って、図5に示すように、雑音が小さい場合(例えば、 $CNR=35\text{ dB}$)にのみ、 TE 値を小さくすることによって、周波数オフセットの推定範囲をより広げることが可能になる。

【0048】

また、図6に示すように、雑音が大きい場合(例えば、 $CNR=15\text{ dB}$)においては、 TE 値を大きくすることによって、周波数オフセットの推定誤差をより小さくすることが可能になる。

【0049】

このように、参照信号の等価的な時間差 TE の値、すなわち参照信号の選び方によって、周波数オフセット値の推定範囲及び精度を任意に設定することが可能

である。

【0050】

尚、上記本発明の第1実施形態においては、データシンボルの前に付加する既知のシンボルとして、 $T_{gi} + T_w$ の長さを持つスタートシンボルを2つ連続させたものについて説明したが、スタートシンボル長及び連続するスタートシンボルの数は、これに限られるものではなく、任意の長さ及び任意の数のスタートシンボルを付加することができる。

【0051】

また、上記第1実施形態においては、2つの参照信号を1組として($N=2$)、周波数オフセットの推定を行うものについて説明したが、2個以上の参照信号を1組とし($N \geq 2$)、周波数オフセットの推定を行うことによって、雑音による周波数オフセット推定誤差を抑制することができる。

【0052】

これについて、本発明のOFDM受信装置の第2実施形態として、図7及び図8とともに説明するが、上述した第1実施形態と同一部分には同一符号を付し、その説明は省略する。

【0053】

本実施形態のOFDM受信装置は、図7に示すように、スタートシンボル中の任意の一部に相当する参照信号を3種類($N=3$)保持しているメモリ51と、デジタル直交検波器13の出力信号と、メモリ51に保持された3つの参照信号との間で相互相関値を計算する相互相関器52、53、61と、相互相関器52、53、61の各出力におけるピーク位置を検出するピーク検出器54とを備えている。

【0054】

また、ピーク検出器54で検出された各ピーク位置における相互相関値より、周波数オフセット値を推定する周波数オフセット推定回路65は、第1及び第2の参照信号に対して求められた各相互相関値から受信信号の位相回転角を計算する位相回転角計算回路56と、該位相回転角計算回路56の出力を、記憶部57に保持された参照データ $2\pi T E 1$ で除算する除算器58を有している。

【0055】

さらに、周波数オフセット推定回路65は、第2及び第3の参照信号に対して求められた各相互相関値から受信信号の位相回転角を計算する位相回転角計算回路66と、該位相回転角計算回路66の出力を、記憶部67に保持された参照データ $2\pi TE2$ で除算する除算器68と、除算器58の出力と除算器68の出力との平均を求め、周波数オフセット推定値として出力する平均化回路69とを有している。

【0056】

次に、上記構成の周波数オフセット補償器の動作について、図8とともに説明する。ここで、各参照信号の幅を $width_{ref}$ 、各参照信号どうしのずれを $shift_{ref}$ とする。この3種類の参照信号と受信信号との相互相関値を計算することによって、各相互相関値から受信信号の位相回転角を求め、この位相回転角どうしを比較することにより、周波数オフセットの推定を行う。

【0057】

ここでは、3個の参照信号を用いているため、3つの位相回転角（ピーク位置における相互相関値）が求まる。これに基づき、位相回転角計算回路56、66において、2（ $=N-1$ ）個の位相回転角差をそれぞれ計算することができる。

【0058】

そして、位相回転角計算回路56による位相回転角差を、記憶部57に保持されている第1及び第2の参照信号の組に対する参照データ $2\pi TE1$ で除算するとともに、位相回転角計算回路66による位相回転角差を、記憶部67に保持されている第2及び第3の参照信号の組に対する参照データ $2\pi TE2$ で除算する。これらの除算結果を平均化し、周波数オフセット推定値とすることによって、周波数オフセット値を推定する際に、雑音による推定誤差を抑えることが可能となる。

【0059】

尚、本実施形態においても、上記第1実施形態と同様に、予めある周波数オフセットをスタートシンボルにかけたときの、各相互相関値の位相回転角から位相回転角の等価的な推定位置 TE_n （ $n=1\sim N-1$ ）を計算する。これを用いて

各周波数オフセット推定値 $\Delta f_n = \Delta \theta / (2 \pi T E_n)$ ($n = 1 \sim N - 1$) を求め、

$$\Delta f = \Sigma \Delta f_n / (N - 1)$$

を周波数オフセット推定値として、位相回転回路 3 7 に出力する。

【0060】

以上述べたとおり、本実施形態のように、参照信号の種類 N を増加して設定した場合、 $N - 1$ 個の各周波数オフセット推定値を求め、これらを平均化し最終的な周波数オフセット推定値として出力するので、雑音に耐性のある周波数オフセット推定を行うことが可能となる。

【0061】

尚、上述した本発明の実施形態においては、位相回転回路 3 7 を用いて受信信号の周波数オフセットを補償するものについて説明したが、位相回転回路 3 7 を用いることなく、周波数オフセット推定回路 5 5、5 6 にて求めた周波数オフセット値 Δf を、デジタル直交検波器 1 3 中の局部発振器 2 1 に入力し、発振周波数を可変制御することにより、受信信号の周波数オフセットを補償することも可能である。

【0062】

また、上記説明においては、変調方式として D Q P S K (Differential Quadrature Shift Keying) 用いるとともに、受信側では遅延検波を行うものについて説明したが、本発明は、これに限らず、D B P S K (Differential Binary Phase Shift Keying) などの差動変調方式、B P S K (Binary Phase Shift Keying), Q P S K (Quadrature Phase Shift Keying), Q A M (Quadrature Amplitude Modulation) などの変調方式を用いたり、受信側では同期検波を行うものに適用することができることは言うまでもない。

【0063】

【発明の効果】

本願請求項 1 に記載の発明に係る OFDM 受信装置は、上述したような構成としているので、スタートシンボル中の任意の一部に相当する参照信号を N 種類 (N は 2 以上の自然数) 保持しておき、この N 種類の参照信号と OFDM 信号との

間で相互相関値を計算し、その相互相関値の位相差から周波数オフセット値の推定を行うので、N種類の参照信号とOFDM信号との相関検出のタイミングを任意に設定することができ、周波数オフセット補償範囲を拡大することが可能となる。

【0064】

本願請求項2に記載の発明に係るOFDM受信装置は、各参照信号の組に対して、ある特定の周波数オフセットが存在する状態における相互相関値の位相回転角に基づいた参照データ($2\pi TE$)を記憶手段に記憶しておき、これを用いて位相回転角手段の出力を除算することにより、任意の参照信号を用いた場合にも、周波数オフセット値を求めることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のOFDM受信装置の第1実施形態における周波数オフセット補償器を示すブロック図である。

【図2】

本発明のOFDM受信装置の第1実施形態における周波数オフセット補償器の動作を示す説明図である。

【図3】

本発明のOFDM受信装置の第1実施形態における正規化周波数オフセット対ビット誤り率特性を示す説明図である。

【図4】

本発明のOFDM受信装置の第1実施形態におけるスタートシンボルに対する参照信号の位置を示す説明図である。

【図5】

本発明のOFDM受信装置の第1実施形態における高CNR時でTEが異なる参照信号を用いた場合の正規化周波数オフセット対ビット誤り率特性を示す説明図である。

【図6】

本発明のOFDM受信装置の第1実施形態における低CNR時でTEが異なる

参照信号を用いた場合の正規化周波数オフセット対ビット誤り率特性を示す説明図である。

【図 7】

本発明の OFDM 受信装置の第 2 実施形態における周波数オフセット補償器を示すブロック図である。

【図 8】

本発明の OFDM 受信装置の第 2 実施形態における周波数オフセット補償器の動作を示す説明図である。

【図 9】

(a) シングルキャリア変調信号のスペクトルと、(b) OFDM 信号のスペクトルとを示す説明図である。

【図 10】

OFDM 信号における周波数オフセットの影響を示す説明図である。

【図 11】

従来の OFDM 送信装置を示すブロック図である。

【図 12】

OFDM 信号の packets 構成を示す説明図である。

【図 13】

従来の OFDM 受信装置を示すブロック図である。

【図 14】

従来の OFDM 受信装置におけるデジタル直交検波器の一例を示すブロック図である。

【図 15】

従来の OFDM 受信装置における周波数オフセット補償器の一例を示すブロック図である。

【図 16】

従来の OFDM 受信装置における周波数オフセット補償器の相関器を示すブロック図である。

【図 17】

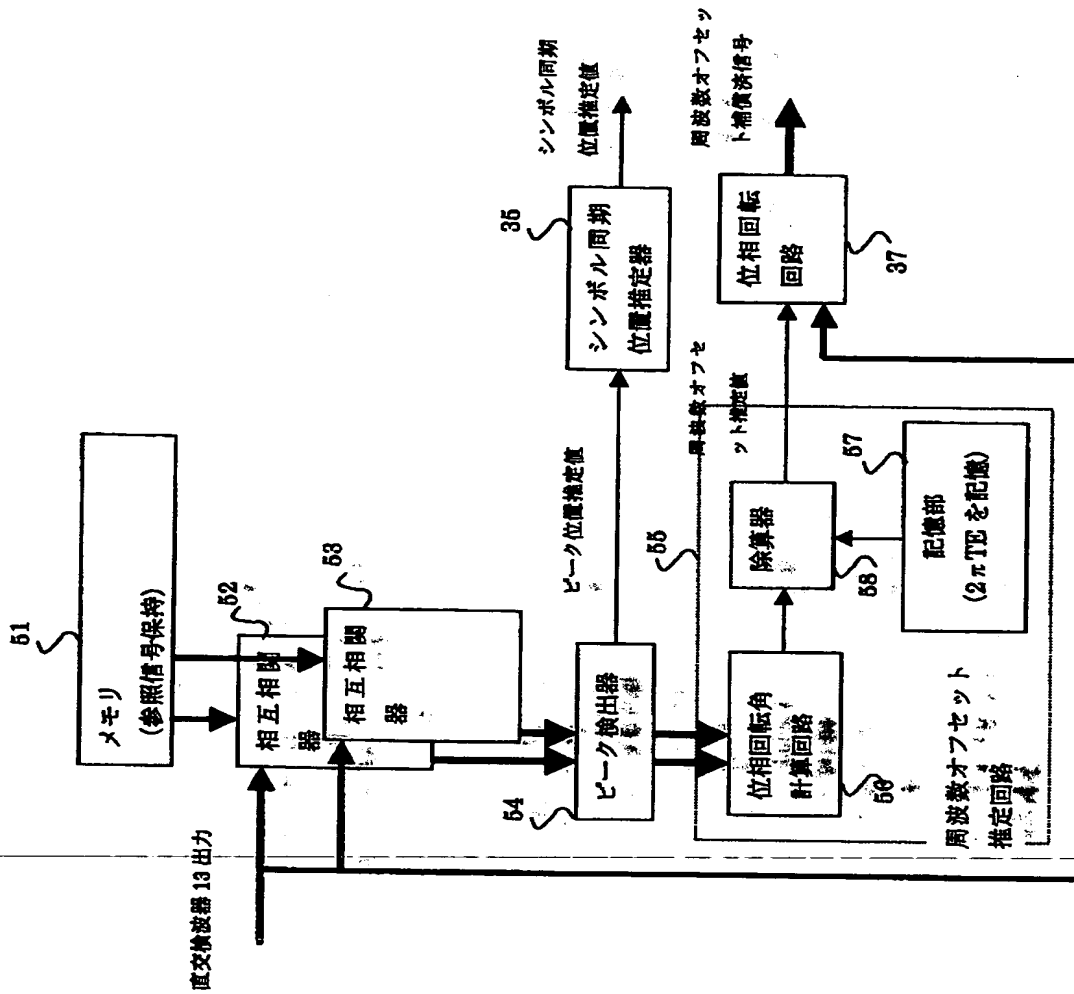
従来の OFDM 受信装置における周波数オフセット補償器の動作を示す説明図である。

【符号の説明】

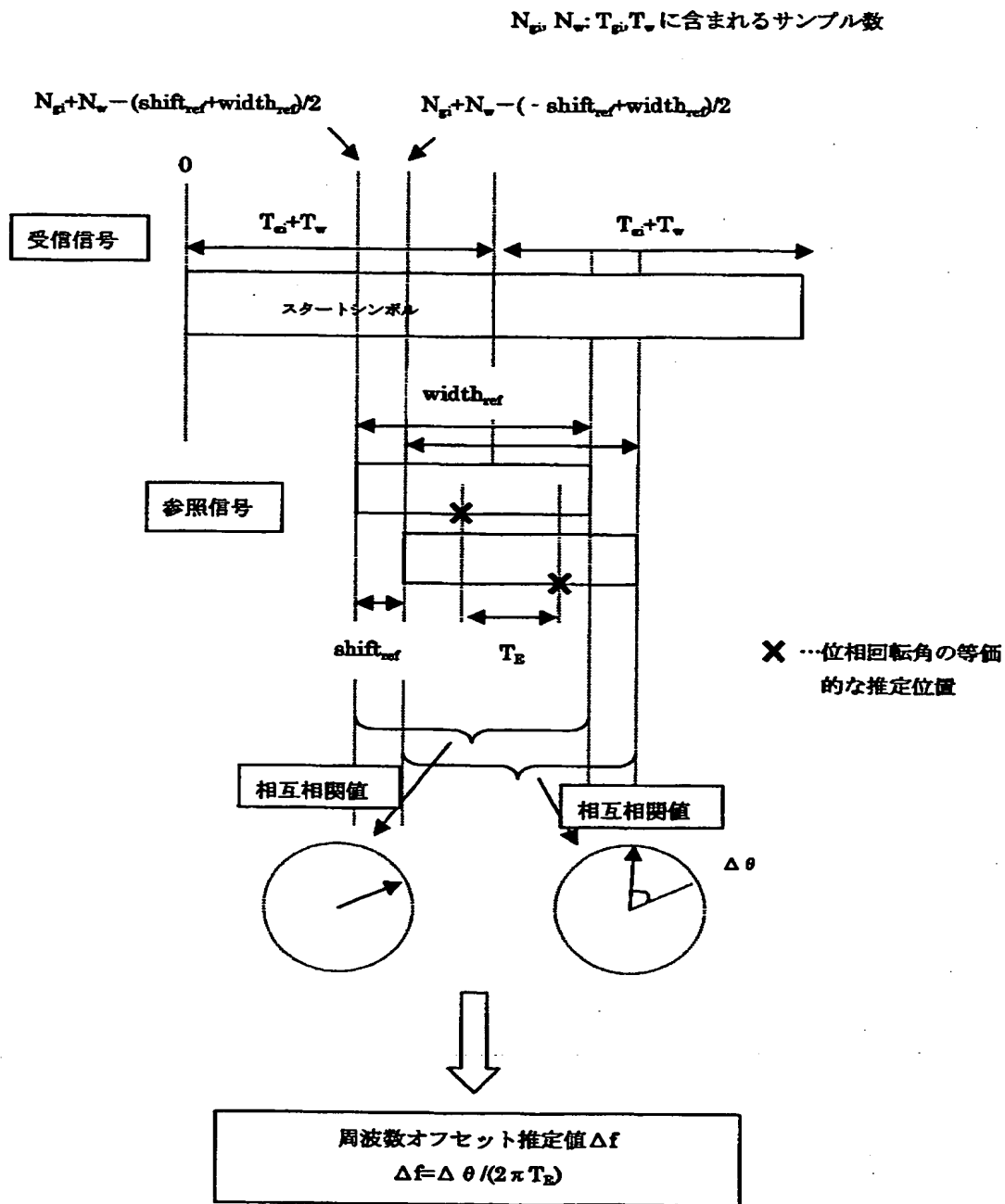
- 3 5 シンボル同期位置推定器
- 3 7 位置回転回路
- 5 1 メモリ
- 5 2 相互相関器
- 5 3 相互相関器
- 5 4 ピーク検出器
- 5 5 周波数オフセット推定回路
- 5 6 位相回転角計算回路
- 5 7 記憶部
- 5 8 除算器
- 6 1 相互相関器
- 6 5 周波数オフセット推定回路
- 6 6 位相回転角計算回路
- 6 7 記憶部
- 6 8 除算器
- 6 9 平均化回路

【書類名】 図面

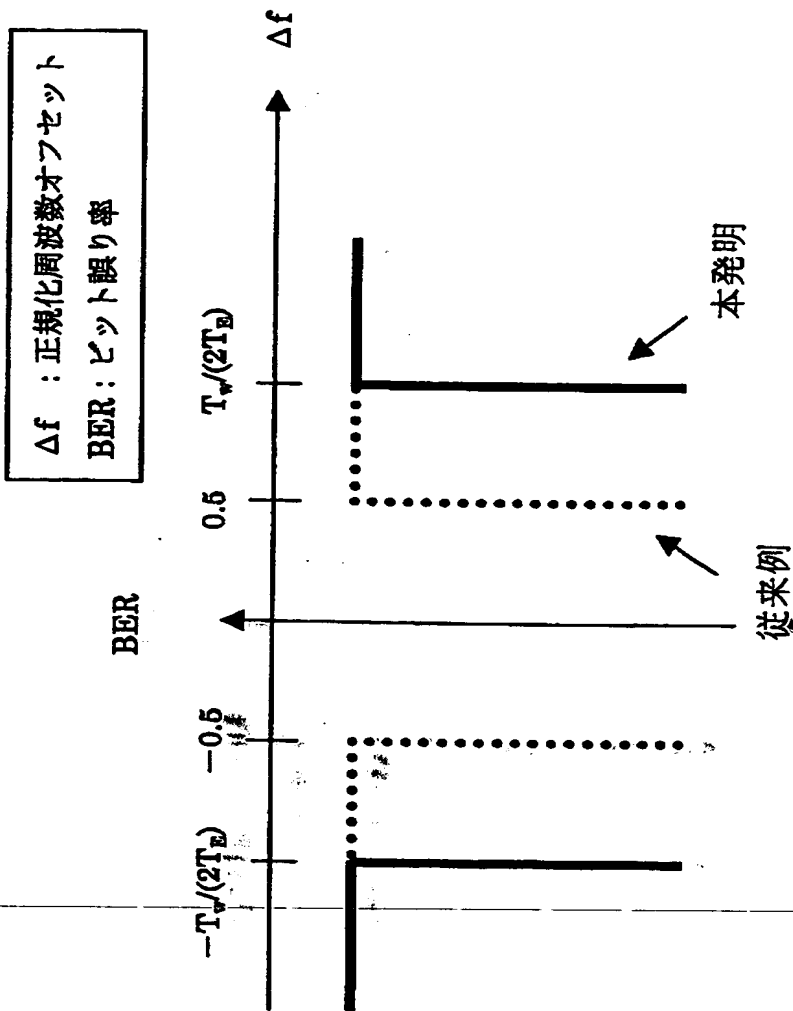
【図 1】



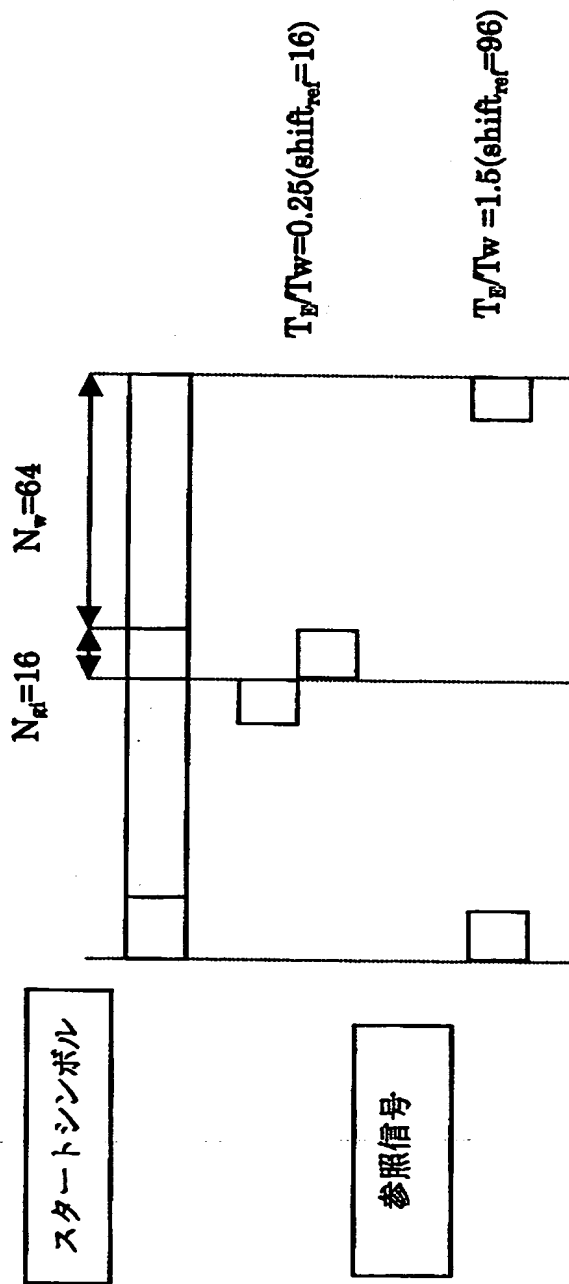
【図 2】



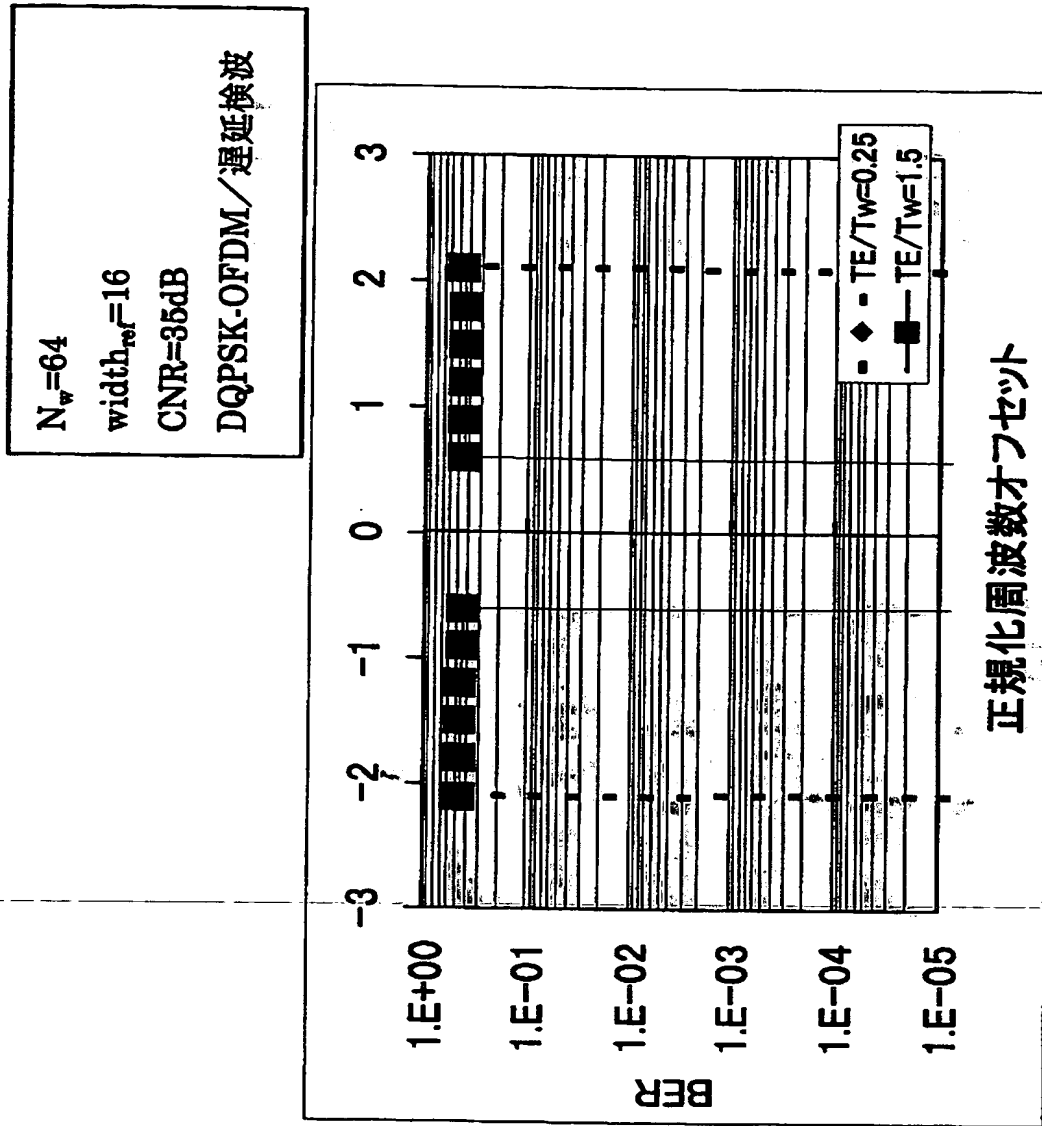
【図 3】



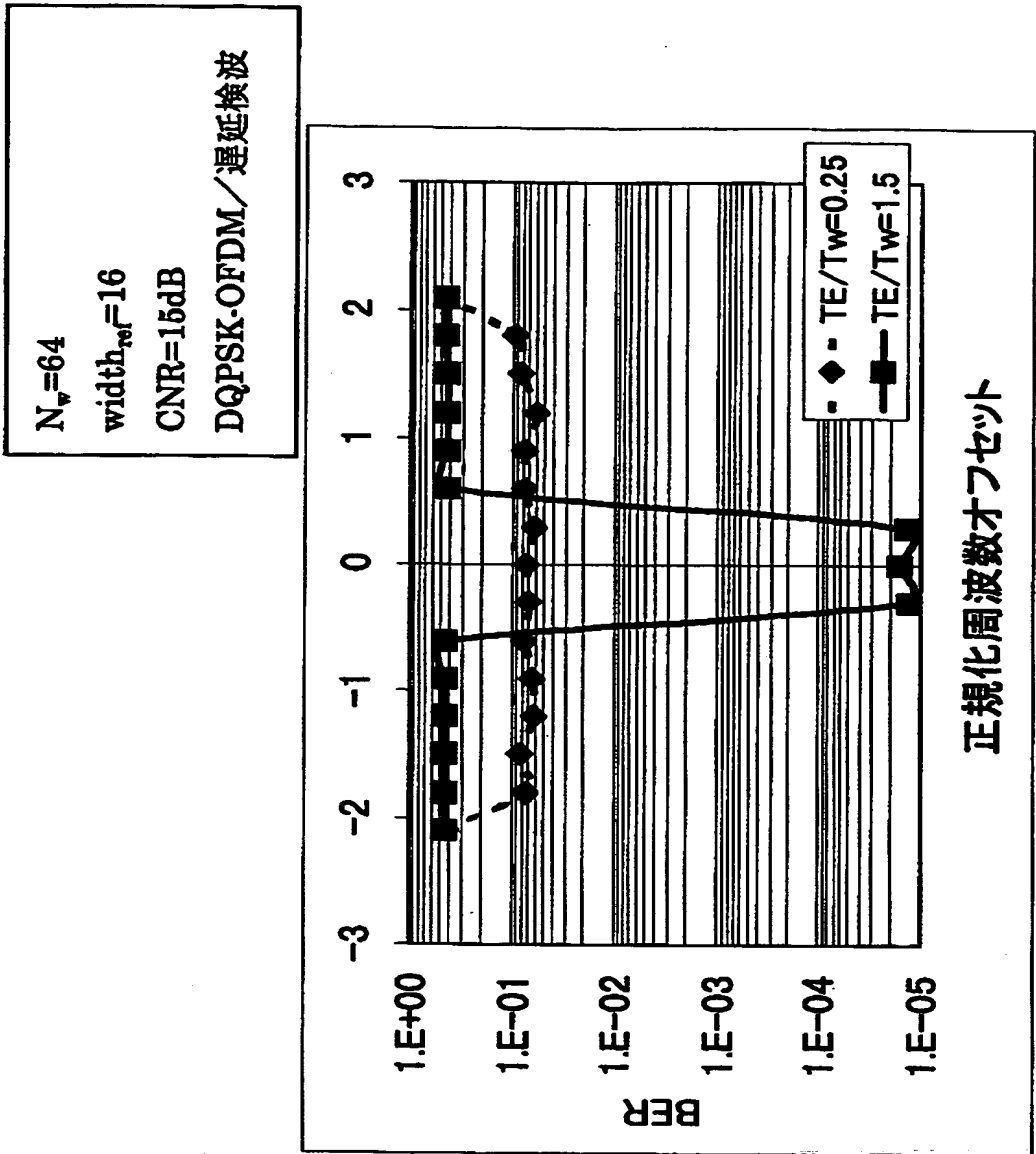
【図 4】



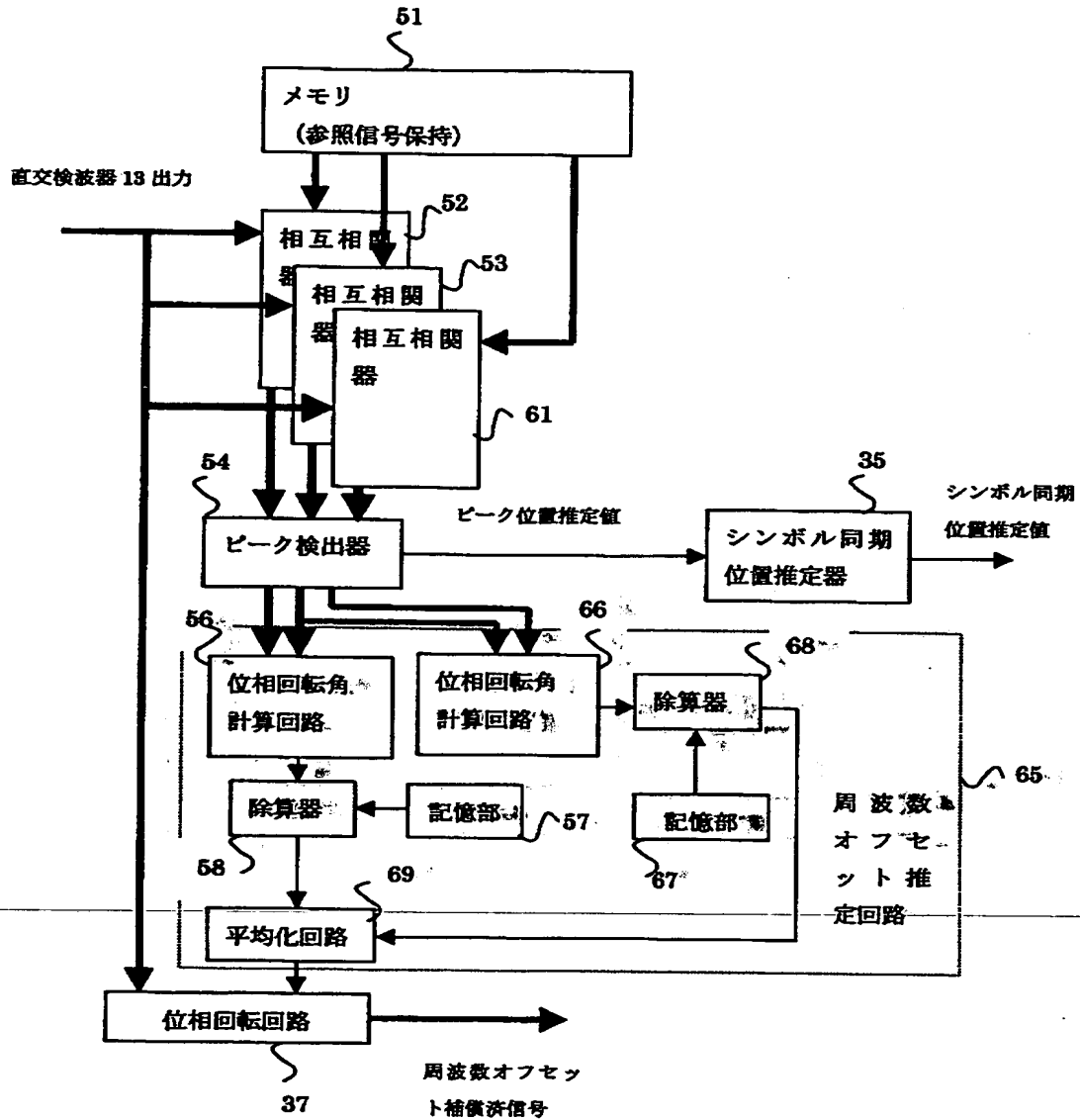
【図 5】



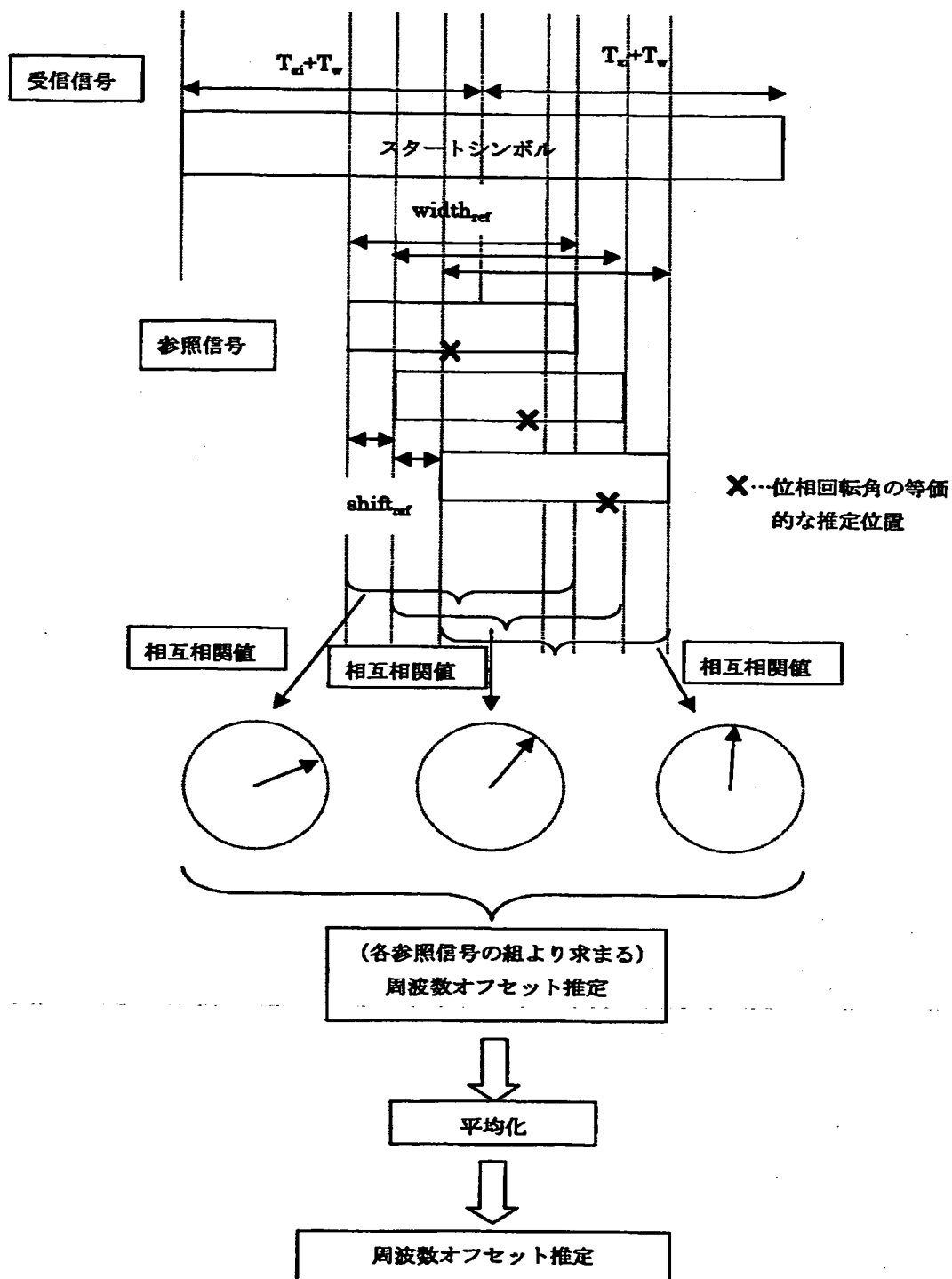
【図 6】



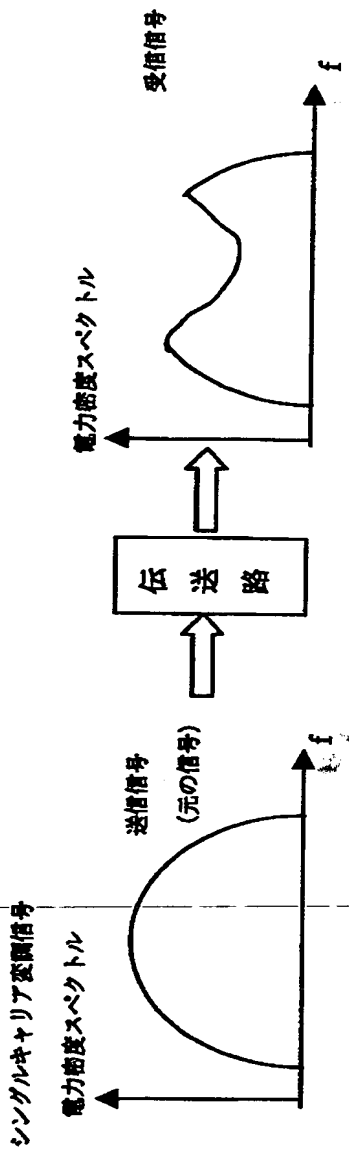
【図 7】



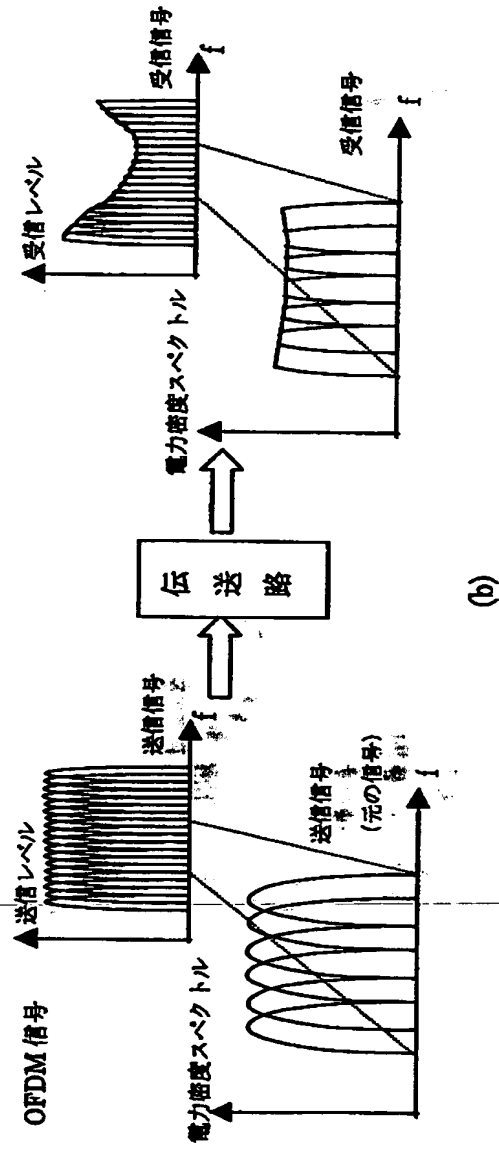
【図 8】



【図 9】

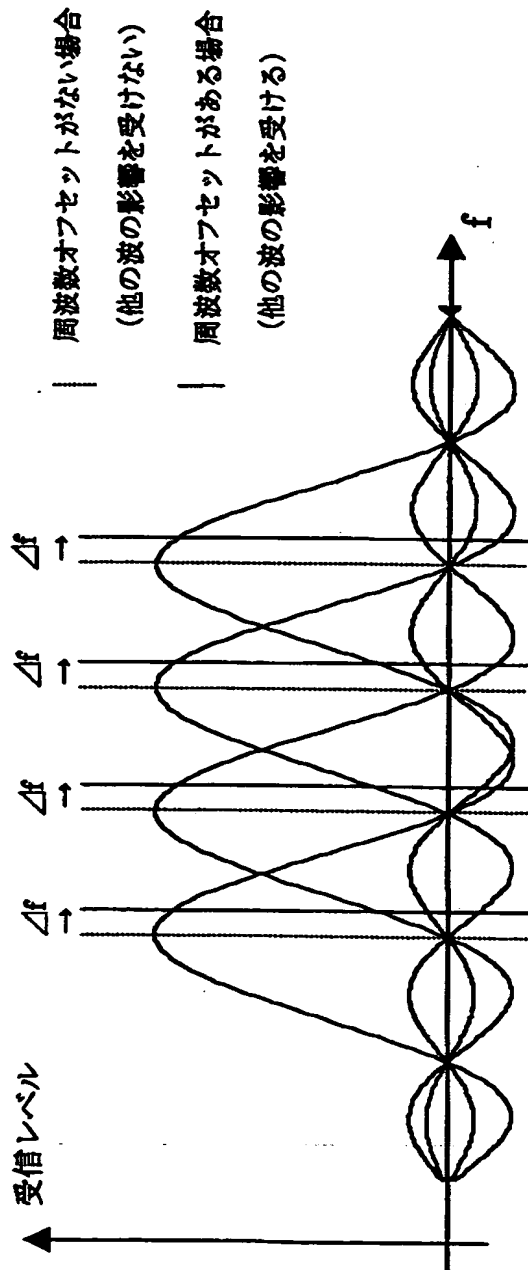


(a)

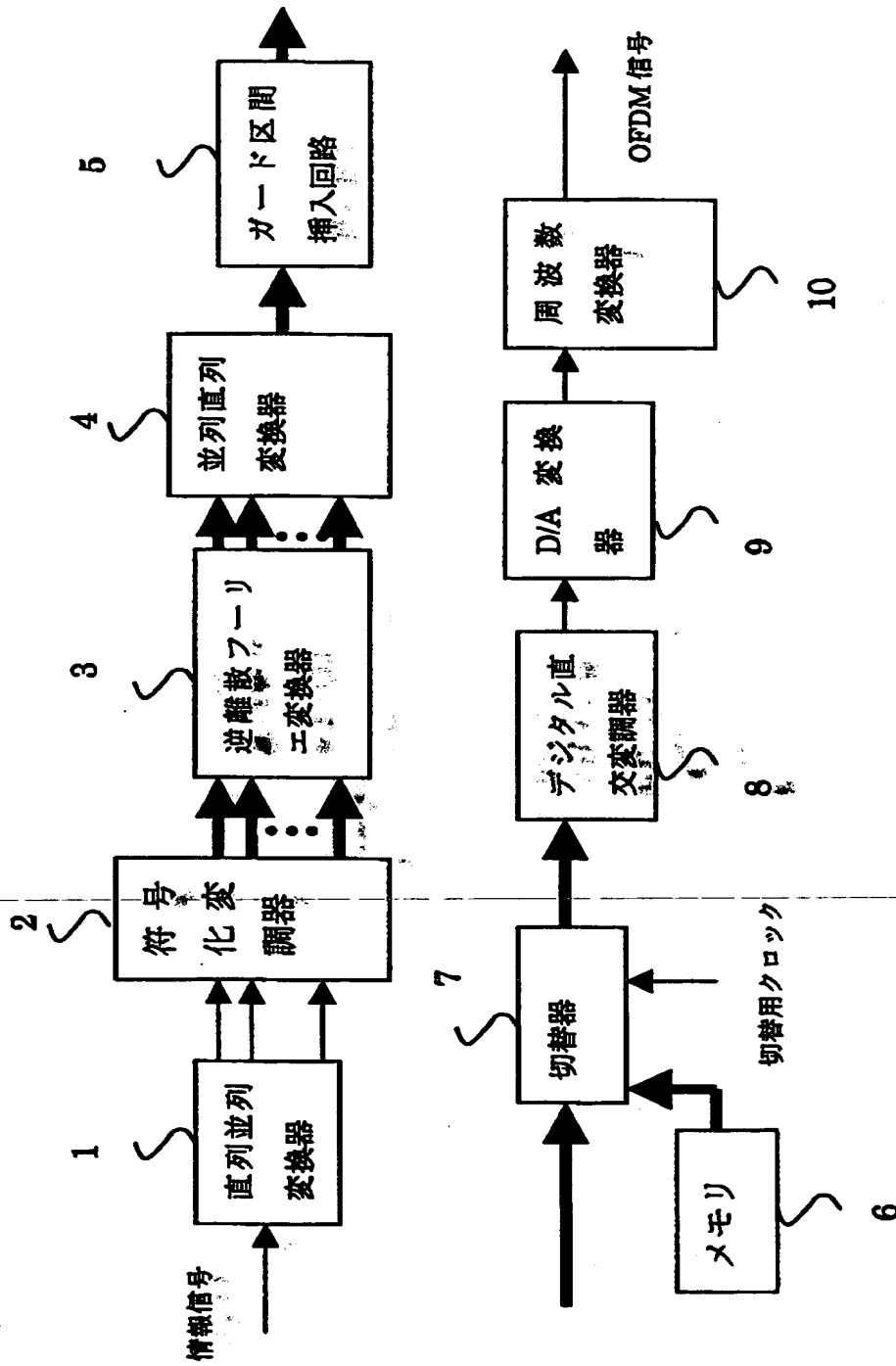


(b)

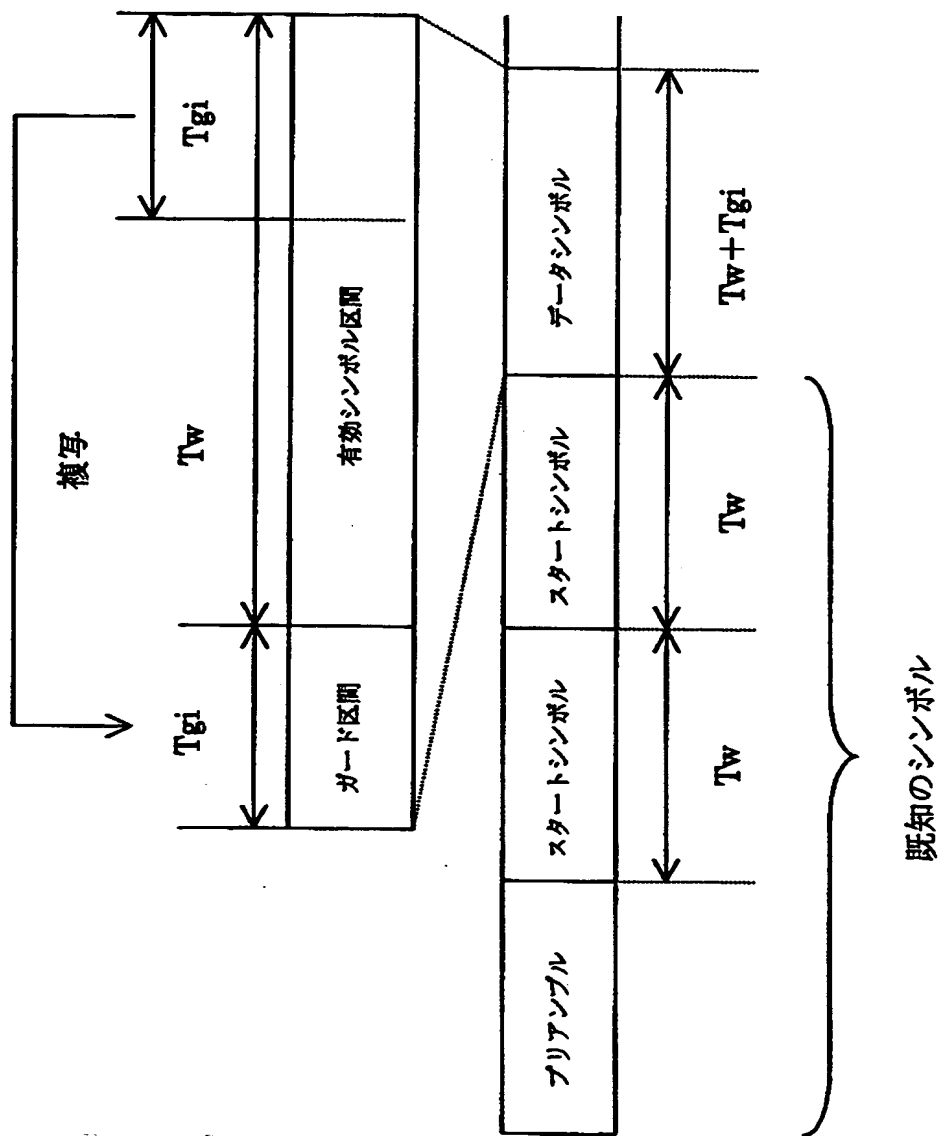
【図 1 0】



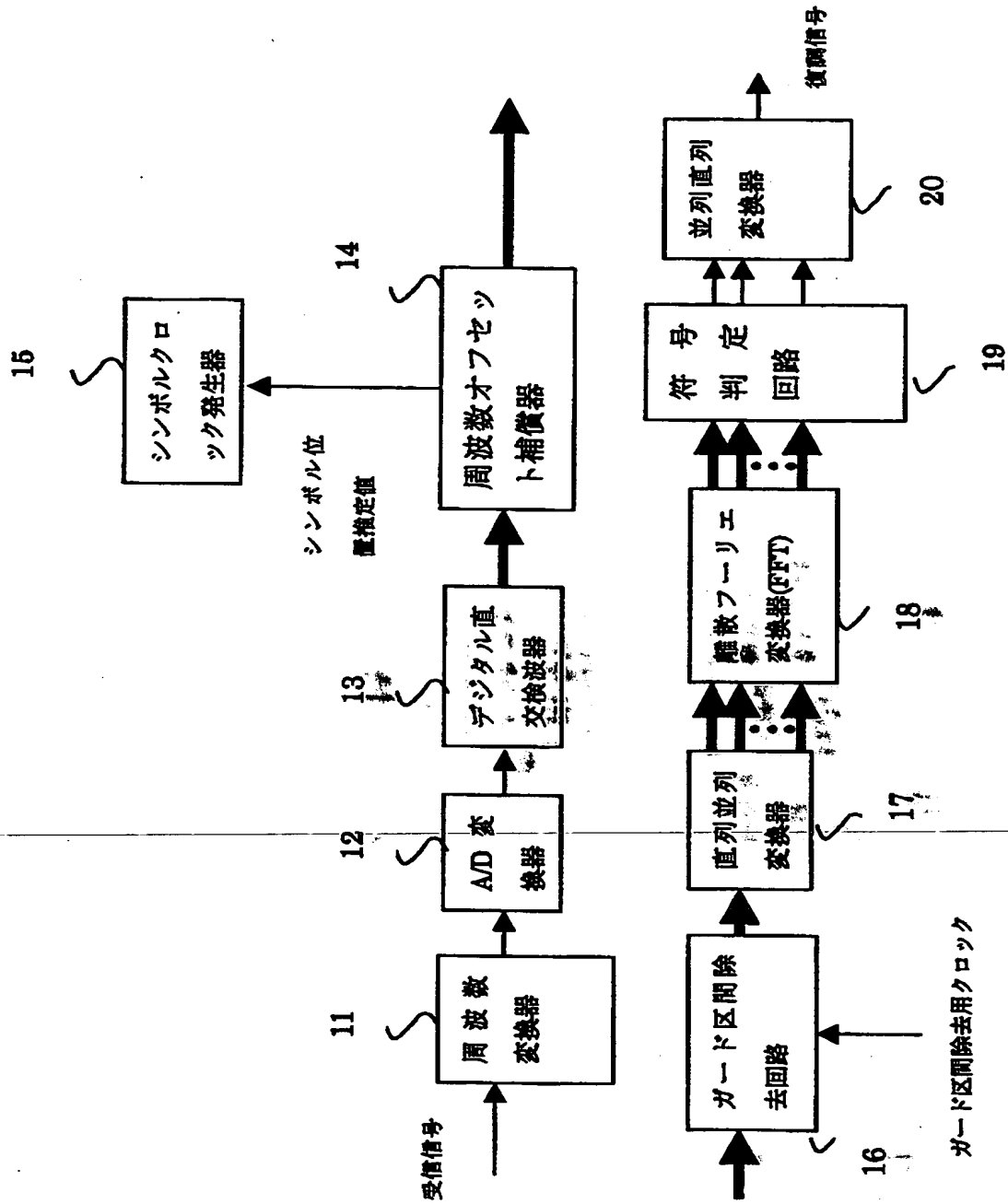
【図 1 1】



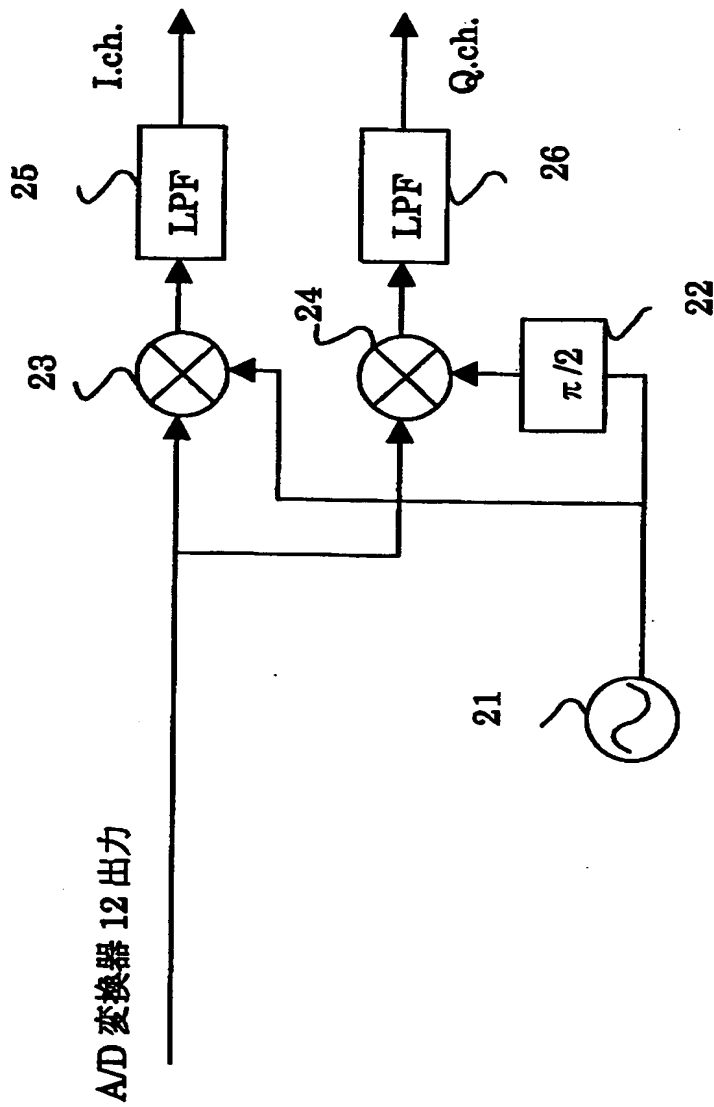
【図 1 2】



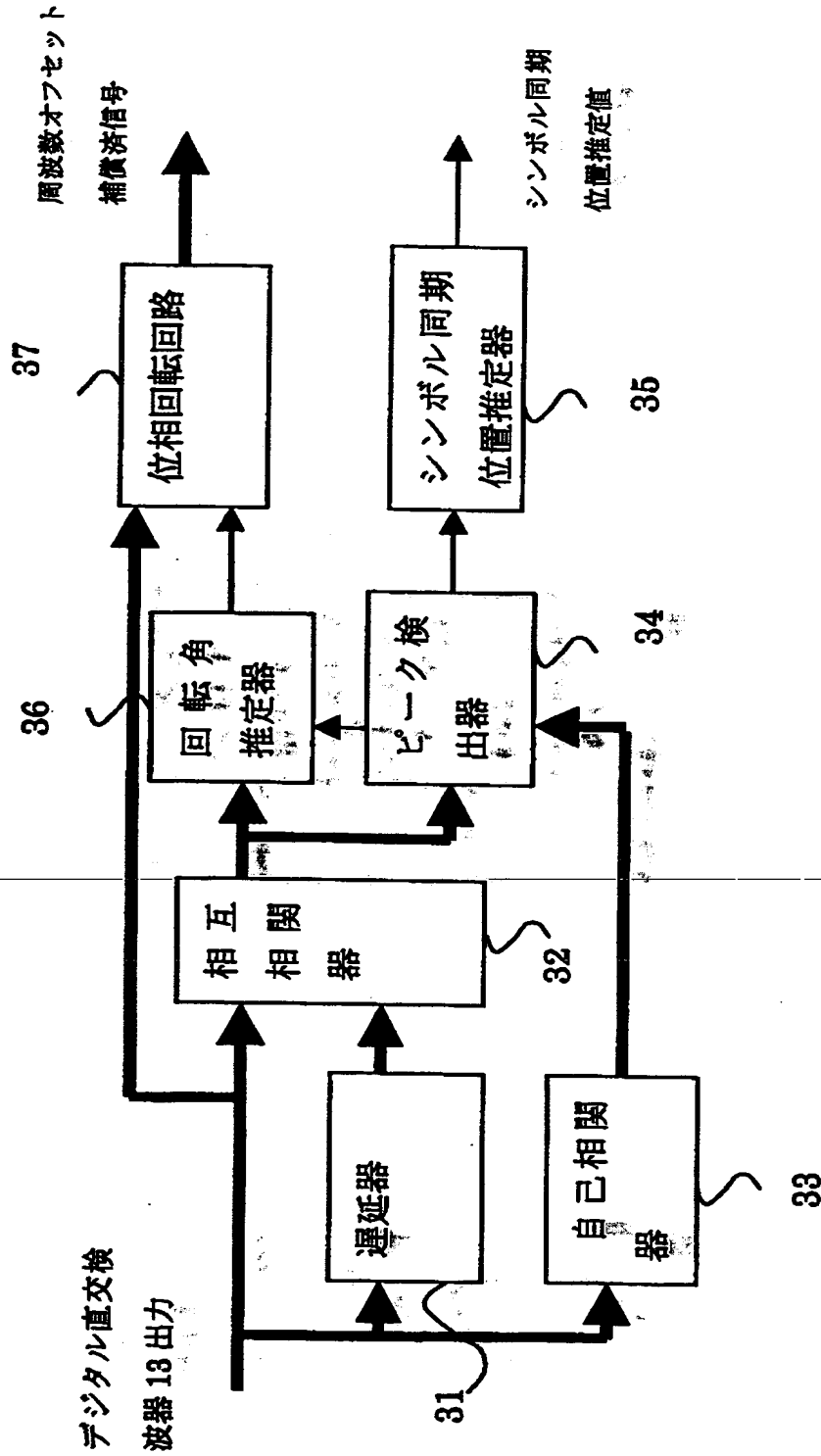
【図 1 3】



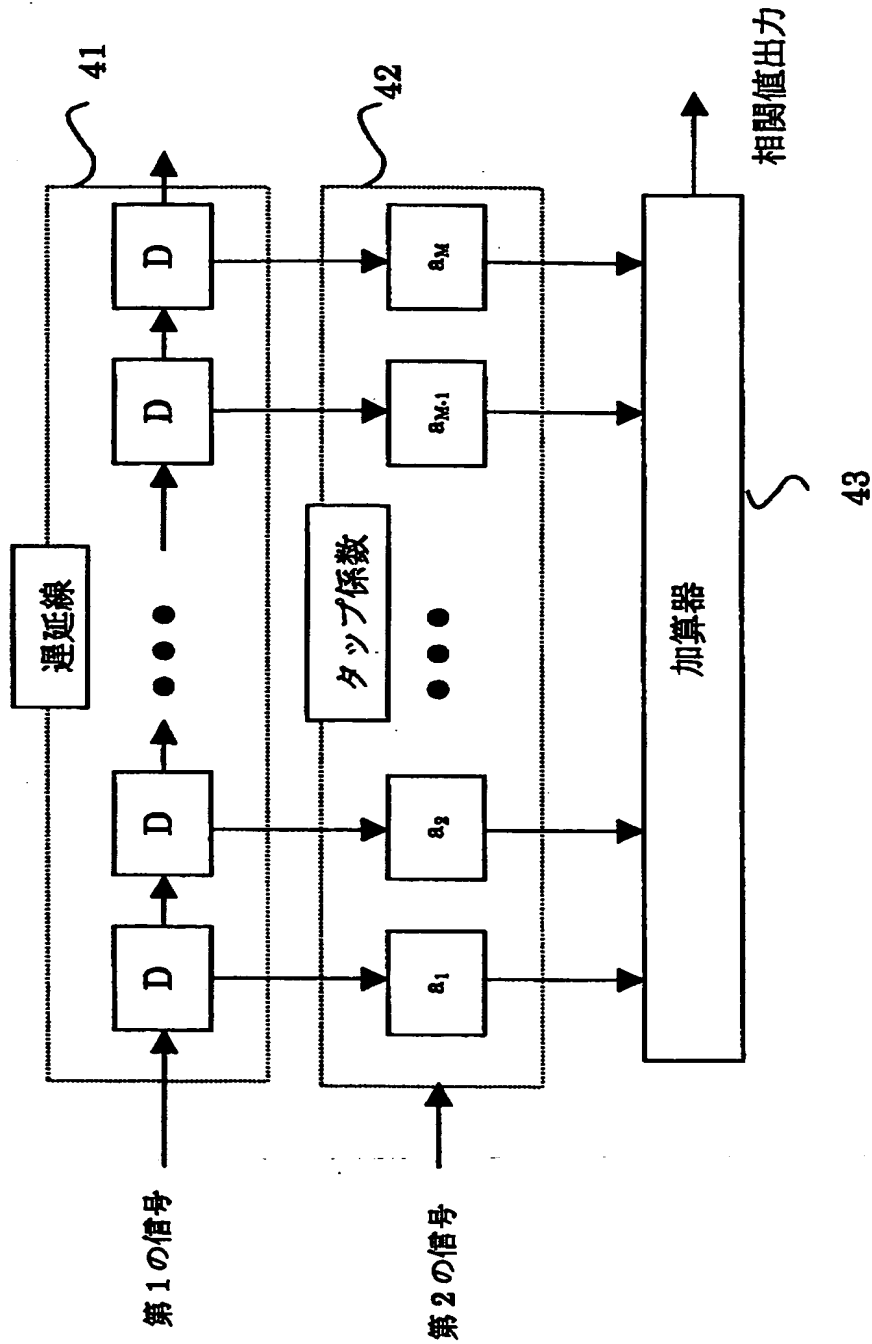
【図 1 4】



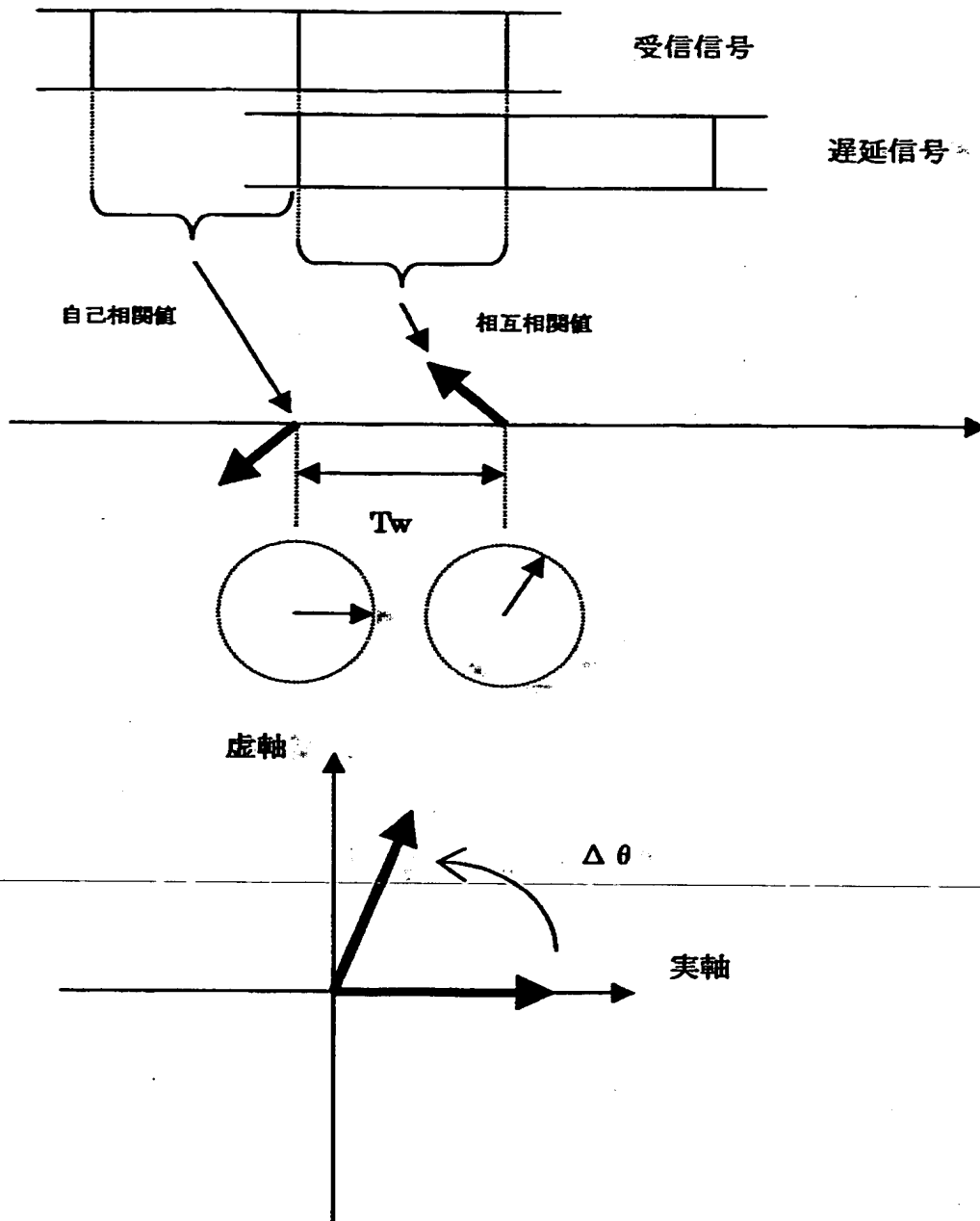
【図 1 5】



【図 1 6】



【図 1 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 周波数オフセット補償範囲を拡大することが可能なOFDM受信装置を提供する。

【解決手段】 データシンボルに先立ってスタートシンボルが付加されたOFDM信号を受信して復調するOFDM受信装置において、前記スタートシンボル中の任意の一部に相当する参照信号をN種類（Nは2以上の自然数）保持するメモリ手段51と、前記OFDM信号と前記N種類の参照信号との相互相関値を計算する相互相関手段52、53と、前記相互相関手段52、53により得られたN個の相互相関値のピーク位置を検出するピーク位置検出手段54と、前記N個のピーク位置における相互相関値から、周波数オフセット値を推定する周波数オフセット推定手段55とを備え、前記周波数オフセット推定手段55にて推定された周波数オフセット値に基づいて、OFDM信号の周波数オフセットを補償するものである。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

氏 名 シャープ株式会社